Multidisciplinary Sciences Reports

Revisão

HETERÓPTEROS AQUÁTICOS E SEMIAQUÁTICOS NO SUDOESTE AMAZÔNICO E O SEU PAPEL NO BIOMONITORAMENTO AQUÁTICO

1 Kelly Thaís Araújo Kinpara Viana kelly.kimpara@sou.ufac.br

1 Lisandro Juno Soares Vieira lisandro.vieira@ufac.br

2 Diego Viana Melo Lima diego.lima@ifac.edu.br

2 Douglas Silva Menezes douglasbioif19@gmail.com

1 Universidade Federal do Acre - UFAC, Rio Branco, Acre, Brasil

2 Instituto Federal do Acre - IFAC, Rio Branco, Acre, Brasil

RESUMO

Os ambientes aquáticos sofrem fortes pressões provocadas pelo aumento das atividades antrópicas oriunda de processos tais como urbanização, mudanças do uso do solo, agricultura, pecuária e uso de agrotóxicos. Na região Neotropical esse problema tem sido mais preocupante, pois ela concentra muitas espécies endêmicas e raras. Essa pesquisa é resultado de um levantamento bibliográfico nas bases de dados ScienceDirect, Scopus, Scielo e BioOne para o período entre 2001 e 2021, tendo sido utilizados apenas artigos científicos. Toda bibliografia encontrada foi analisada quanto à existência de conteúdos e informações sobre o grupo taxonômico no Brasil, ecologia e biomonitoramento. No Brasil, são descritas 243 espécies de Gerromorpha, 10 de Leptodomorpha e 311 de Nepomorpha. A análise mostrou que nos últimos vinte anos foram registradas 116 espécies de Heteroptera distribuídas em todo país, o que representa 20,09% aproximadamente do total de espécies descritas no Brasil. A infraordem Gerromorpha possui maior quantidade de espécies sensíveis a impactos ambientais, enquanto a infraordem Nepomorpha parece mais distante de um padrão de resposta aos impactos. O uso de níveis taxonômicos mais altos (família e infraordem) atende às necessidades de monitoramento ambiental e bioavaliação, desde que sejam previamente testadas em regiões onde não há estudos previamente realizados e que aceitem conclusões mais grosseiras. O leste amazônico necessita urgentemente de pesquisa com Heteroptera para reduzir as lacunas na região Neotropical.

PALAVRAS-CHAVE: Diversidade. Amazônia. Insetos Aquáticos. Heteroptera.

ABSTRACT

Aquatic environments are under strong pressure caused by the increase in human activities arising from processes such as urbanization, changes in land use, agriculture, livestock, and the use of pesticides. In the Neotropical region, this problem has been more worrying, as it concentrates many endemic and rare species. This research is the result of a bibliographic survey in the ScienceDirect, Scopus, Scielo and BioOne databases for the period between 2001 and 2021, using only scientific articles. All bibliography found was analyzed regarding the existence of contents and information about the taxonomic group in Brazil, ecology, and biomonitoring. In Brazil, 243 species of Gerromorpha, 10 of Leptodomorpha and 311 of Nepomorpha are described. The analysis showed that in the last twenty years, 116 species of Heteroptera were recorded distributed throughout the country, which represents approximately 20.09% of the total number of species described in Brazil. The infraorder Gerromorpha has a greater number of species sensitive to environmental impacts, while the infraorder Nepomorpha seems to be more distant from a pattern of response to impacts. The higher taxonomic resolution meets the needs of environmental monitoring and bioassessment, as long as they are pre-tested in regions where there are no previously performed studies and that they accept coarser conclusions. The eastern Amazon urgently needs research with Heteroptera to reduce the gaps in the Neotropical region.

KEYWORDS: Diversity. Amazon. Aquatic Insects. Heteroptera.

INTRODUÇÃO

A degradação de habitats aquáticos e os problemas na qualidade da água estão associados a diferentes atividades antrópicas (1–3). Algumas dessas atividades afetam diretamente o ambiente aquático, como nos casos de monoculturas (1,2), uso de agrotóxicos (3), deposição de resíduos sólidos em rios e o garimpo. Outros, porém, provocam efeitos de forma indireta, como nas mudanças do uso do solo, alteração e remoção da vegetação ciliar, agricultura, criação de gado e a urbanização (4,5).

Os insetos aquáticos podem ser encontrados em diferentes tipos de corpos d'água como lagos, açudes, rios, riachos, poças d'água, bromélias, entre outros (6–10). O seu ciclo de vida pode ser integralmente aquático, como ocorre com alguns coleópteros, ou parte na água (fase imatura) e a outra fase no ambiente terrestre (fase adulta), como nas libélulas e efemerópteros (11–13). Esses organismos possuem forte relação com o meio aquático e são influenciados por variáveis físico-químicas, ambientais e hidrológicas (6,8–10). Por causa disso, as alterações na mata ciliar ou mesmo em seu entorno produzem mudanças na estrutura dos habitats aquáticos e, consequentemente, pode modificar a composição e riqueza desses insetos, provocando inclusive a extinção deles. Por exemplo, espécies representadas pelas ordens Diptera, Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera e Odonata, dentre outros (2,5,14,15). Os organismos desses grupos apresentam diferentes respostas às mudanças na qualidade da água e do meio ambiente, refletindo em sua composição, abundância e diversidade como uma consequência da perda da integridade ambiental e de habitats (3,7,16,17).

Os Heteroptera são insetos que possuem espécies terrestres, aquáticas e semiaquáticas. As espécies terrestres possuem importante papel na vida humana, e podem interferir na agricultura (18) e na saúde pública. No ambiente aquático elas desempenham importante papel no controle de populações por meio da predação de outros invertebrados e até formas jovens de vertebrados como alevinos e girinos (19). Algumas espécies ocupam a superfície das águas, onde a sua distribuição e composição podem ser influenciadas pela presença de água parada e macrófitas emergentes (20). Outras vivem mergulhadas na água e são encontradas na proximidade de substratos e sedimentos (3,9).

As alterações ao longo do entorno de riachos e lagos provocam diferenças significativas tanto em comunidades terrestres quanto aquáticas, resultando em alterações na abundância, riqueza, composição e diversidade de espécies (1,15,21,22). Por exemplo, a pesquisa realizada por Giehl e colaboradores (14) identificou alterações na comunidade de Gerromorpha em áreas de vereda no Cerrado, comparando riachos com e sem barragens. Algumas espécies das infraordens de Gerromorpha e Nepomorpha responderam às mudanças na integridade ecológica de riachos pertencentes a áreas de transição Cerrado-Amazônia, com aumento de riqueza de espécie em locais onde houve maior preservação ambiental (15,22).

A relação entre o ambiente terrestre e aquático tem sido cada vez mais documentada (22–24). A vegetação ciliar é responsável por nutrir os sistemas aquáticos de matéria orgânica, incluindo-a nos processos de ciclo de energia nos ecossistemas aquáticos (6). Assim, o ambiente terrestre fornece essa energia por meio de folhas, frutos, pedaços de madeira que caem dentro dos riachos e lagos, ou são levados pela água da chuva (7,25,26). Porém, o avanço do desmatamento, a perda de habitat, redução da heterogeneidade ambiental e a devastação de grandes áreas de florestas como resultado de queimadas (2,3,6,10,27) são alguns dos problemas que afetam a qualidade o equilíbrio ecológico dos ecossistemas aquáticos.

O estado do Acre está localizado no sudoeste amazônico e possui uma vasta área de cobertura vegetal, com uma grande biodiversidade e endemismo faunístico (9). Mesmo assim, o leste do estado sofre uma forte pressão ambiental motivada pelo desmatamento e pela pecuária (3). Essa devastação tem afetado a biodiversidade local e regional, levando a perda de espécies e a redução de muitas comunidades.

Entre os ecossistemas afetados por esses impactos estão os recursos hídricos, cada vez mais modificados pela remoção da vegetação ciliar, redução dos volumes de água e perda de proteção (3,9,16). Além disso, as lacunas nas pesquisas com insetos aquáticos inviabilizam atualmente o uso desses organismos em programas de monitoramento e avaliação de integridade de sistemas aquáticos. Entre as várias carências de conhecimento dessa fauna aquática destaca-se as pesquisas com heterópteros aquáticos e semiaquáticos, tanto na taxonomia quanto

no biomonitoramento aquático, mesmo diante da importância desse grupo para a biodiversidade aquática.

Nossa pesquisa teve por objetivo apresentar o desenvolvimento da pesquisa no Brasil sobre insetos aquáticos da subordem Heteroptera, durante o período de 2001 a 2021, identificando como esses resultados podem contribuir com estudos de ecologia e biomonitoramento aquático na Amazônia Sul ocidental.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi efetuado entre os meses de setembro e dezembro de 2021, com as buscas realizadas em quatro bases de dados: *ScienceDirect, Scopus, Scielo* e *BioOne*. Toda bibliografia encontrada foi analisada quanto à existência de conteúdos e informações sobre os Heteroptera aquáticos e semiaquáticos em todos os estados do Brasil.

Foram utilizados somente artigos científicos presentes nas bases de dados citadas acima, no período entre 2001 e 2021. As palavras-chave utilizadas foram “Heteroptera” AND “semiaquatic”; “Heteroptera” AND “Amazonian”; “Heteroptera” AND “Neotropical” e “Heteroptera” AND “Stream”, presentes nos campos do título e abstract.

Durante a primeira triagem foram listados 217 artigos, dos quais foram removidos: (i) artigos onde a área de estudo estava fora do território nacional; (ii) não disponíveis em bancos de dados pagos pela plataforma CAPES, e (iii) de acesso e não disponibilizados pelos autores. Após a aplicação de todos os critérios de exclusão restaram 42 artigos.

Para determinar a ocorrência das espécies como frequentes e raras utilizamos os seguintes critérios: espécies raras, quando a ocorrência for apenas em um estado; frequente, quando a ocorrência das espécies superar a metade dos estados brasileiros (acima de 13 estados). Nos demais casos, as espécies foram consideradas comuns.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Perfil das publicações nas duas últimas décadas (2001 – 2021)

Em nossa pesquisa, a grande maioria dos artigos encontrados estavam relacionados ao tema ecologia (57%). A menor proporção de artigos foi sobre o tema biomonitoramento (6%). Praticamente um quarto dos artigos abordaram a descoberta de novas espécies, novos registros de ocorrências, lista de espécies para um determinado estado do bioma ou novas classificações (26%). A avaliação de impactos veio logo em seguida com 11% das publicações e foi o terceiro tipo de tema mais abordado nos últimos 20 anos (Figura 1).

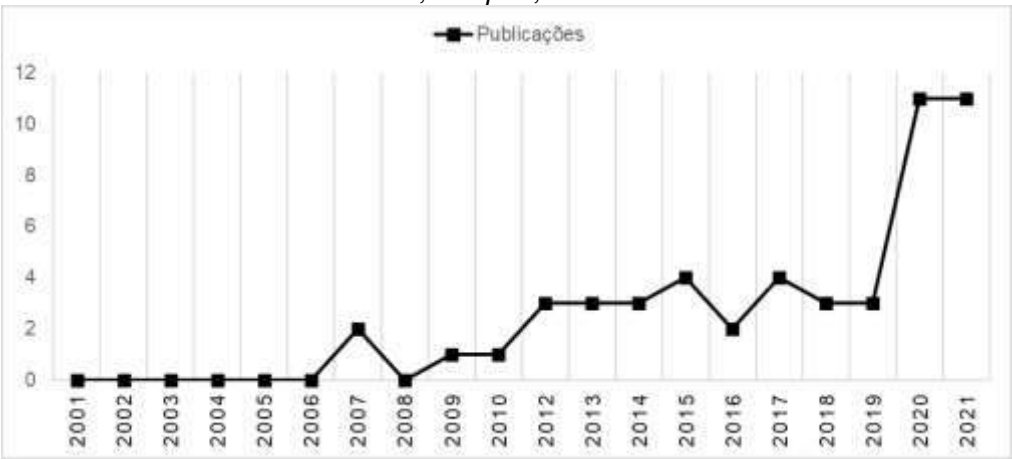
Figura 1. Distribuição de artigos por natureza do tema (avaliação de impactos, biomonitoramento, ecologia e sistemática) como resultado da pesquisa bibliográfica.



Fonte: Autores.

Nossa pesquisa identificou ainda uma baixa produção durante o período de 2001 a 2019, onde o pico foi em 2015 e 2017 com quatro publicações (Figura 2). Em 2020, houve um pico com 12 publicações, mantendo-se no ano seguinte (Figura 2).

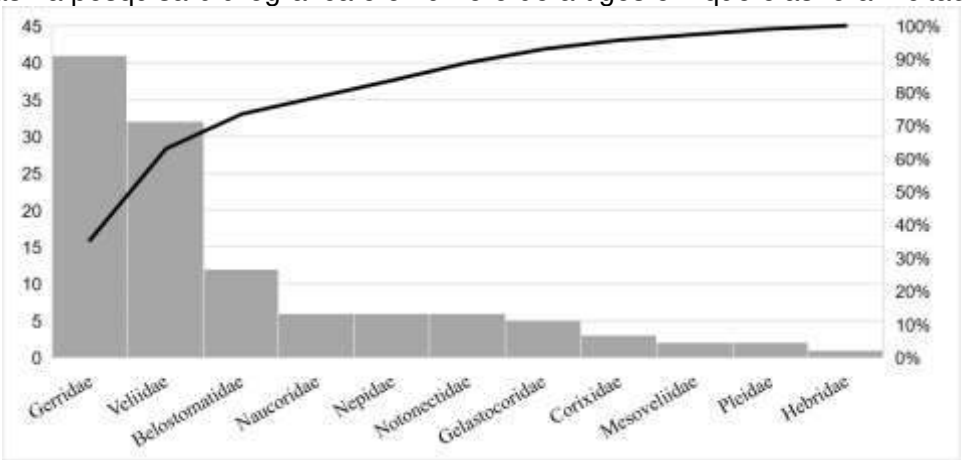
Figura 2. Número de artigos publicados em periódicos durante o período de 2001 e 2021, utilizando as palavras-chave “Heteroptera” AND “*semiaquatic*”; “Heteroptera” AND “*Amazonian*”; “Heteroptera” AND “*Neotropical*” e “Heteroptera” AND “*Stream*”, nas bases de dados *ScienceDirect, Scopus, Scielo* e *BioOne*.



Fonte: Autores.

Nossos resultados também revelaram 11 famílias que foram citadas pelo menos uma vez (Figura 3), das quais quatro pertencem à infraordem Gerromorpha e sete à infraordem Nepomorpha. A família mais citada foi Gerridae, presente em 41 artigos, seguido de Veliidae que foi citada em 32. As famílias mais raras foram Hebridae (com 1), Mesoveliidae e Pleidae (ambos com 2), e Corixidae (com 3).

Figura 3. Gráfico de Pareto contendo o nome das famílias de Heteroptera que foram encontradas na pesquisa bibliográfica e o número de artigos em que elas foram citadas.

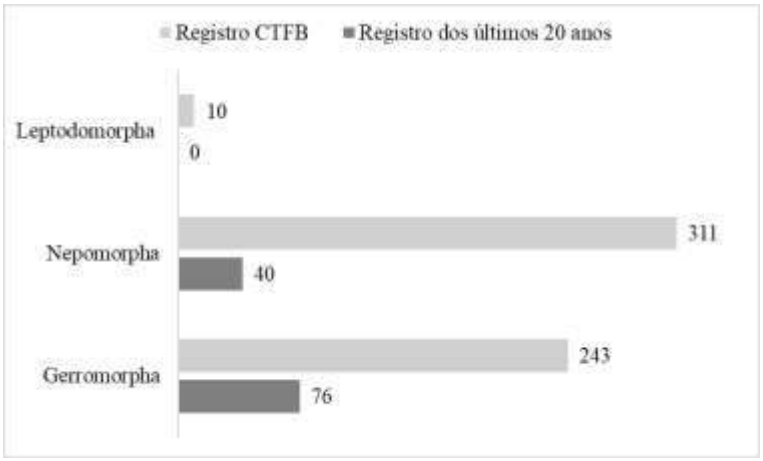


Fonte: Autores.

Ocorrência e distribuição de espécies de Heteroptera no Brasil

No Brasil, são descritas 243 espécies de Gerromorpha, 10 de Leptodomorpha e 311 de Nepomorpha, de acordo com o Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil (CTFB) (28). A análise mostrou que nos últimos dez anos foram registradas 116 espécies de Heteroptera distribuídas em todo país, o que representa 20,09% aproximadamente do total de espécies descritas no Brasil (17,29–33). Destas, 76 espécies pertencem a infraordem Gerromorpha e 40 espécies pertencem à infraordem Nepomorpha (Figura 4, Tabela 1).

Figura 4. Registros de espécies de Heteroptera agrupados por infraordem, no período de 2001 a 2021.



Legenda: Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil (CTB).
Fonte: autores.

Tabela 1. Relação das espécies de Heteroptera aquáticos e sua presença em estado brasileiros, em pesquisas realizadas no período de 2001 a 2021.

Espécies	Infraordem	Acre	Alagoas	Amapá	Amazonas	Bahia	Ceará	Distrito Federal	Espírito Santo	Goiás	Maranhão	Mato Grosso	Mato Grosso do Sul	Minas Gerais	Pará	Paraíba	Paraná	Pernambuco	Piauí	Rio de Janeiro	Rio Grande do Norte	Rio Grande do Sul	Rondônia	Roraima	Santa Catarina	São Paulo	Sergipe	Tocantins
Ambrysus bifidus	N												X															
Belostoma bosque	N												X															
Belostoma dentatum	N	X											X															
Belostoma dilatatum	N												X															
Belostoma discretum	N	X											X															
Belostoma elongatum	N												X															
Belostoma foveolatum	N												X															
Belostoma gestroi	N												X															
Belostoma micantulum	N												X															
Belostoma pygmeum	N												X															
Brachymetra albinervus	G		X		X	X	X				X	X		X	X					X		X			X	X		
Brachymetra furva	G					X					X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Brachymetra lata	G		X	X	X						X	X			X								X	X				
Brachymetra shawi	G				X							X			X								X					

| | | |

Limnogonus ignotus	N							X				X	X	X	X				X		X		X				X		
Limnogonus profugus	N		X				X			X		X	X	X	X	X	X	X			X			X				X	X
Limnogonus recurvus	N		X		X						X	X		X	X				X						X			X	X
Martarega brasiliensis	N												X																
Martarega membranacea	N												X																
Martarega uruguayensis	N												X																
Merragata hebroides	G												X																
Mesovelia mulsanti	G		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X		X	X	X		
Mesovelia zeteki	G			X	X										X														
Mesoveloidea williamsi	G				X	X			X				X	X											X	X			
Metrobates vigilis	G												X																
Microvelia aschnakiranae	G														X														
Microvelia ayacuchana	G								X	X	X	X			X					X									
Microvelia belterrensis	G														X														
Microvelia braziliensis	G													X							X		X			X			
Microvelia hamadae	G														X														
Microvelia longipes	G		X		X	X			X				X	X							X				X	X	X		
Microvelia mimula	G		X		X		X		X		X	X	X	X	X						X		X			X	X	X	
Microvelia pulchella	G		X		X	X			X		X		X	X	X			X	X	X	X		X			X	X	X	
Microvelia sousorum	G														X														
Microvelia summersi	G				X										X														
Microvelia venustatis	G		X		X				X		X	X		X	X					X					X	X	X	

Neogerris genticus	G											X			X											
Neogerris lotus	G				X			X				X														
Neogerris lubricus	G		X	X	X	X				X		X	X	X	X			X	X		X	X	X		X	X
Neogerris visendus	G				X							X			X								X			
Neoplea maculosa	N												X													
Neoplea semipicta	N												X													
Neovelia traili	G				X										X								X			
Nerthra ranina	G												X													
Nerthra terrestris	G												X													
Notonecta pulchra	N												X													
Oiovelia brasiliensis	G							X						X				X			X				X	
Oiovelia chenae	G				X										X											
Oiovelia cunucunumana	G			X	X	X								X	X									X	X	
Ovatametra gualeguay	G											X		X							X				X	
Ovatametra minima	G				X																	X				
Ovatametra obesa	G				X	X									X											
Paravelia bullialata	G				X										X							X				
Paravelia capixaba	G				X			X						X	X						X					
Paravelia dilatata	G				X										X											
Paravelia polhemusi	G											X			X			X								
Pelocoris bipunctulus	N												X													
Pelocoris subflavus	N												X													

Placomerus micans	N											X													
Platyvelia brachialis	G							X	X			X	X			X		X				X			
Ranatra heydeni	N											X													
Ranatra horvathi	N											X													
Ranatra rabida	N											X													
Ranatra siolii	N											X													
Rhagovelia amazonensis	N		X							X				X											X
Rhagovelia brunae	N		X							X				X											X
Rhagovelia elegans	N		X	X	X			X			X			X				X							X
Rhagovelia evidis	N				X									X											
Rhagovelia graziae	N													X											
Rhagovelia hambletoni	N											X													
Rhagovelia jubata	N				X									X						X					
Rhagovelia rivulosa	N									X			X						X			X			
Rhagovelia robusta	N							X	X			X	X	X				X	X			X	X	X	
Rhagovelia tenuipes	N		X		X			X				X	X	X				X			X		X	X	
Rhagovelia whitei	N											X													
Rhagovelia zela	N											X													
Rheumatobates bonariensis	G									X	X	X										X	X		
Rheumatobates crassifemur	G											X													
Rheumatobates crassifemur crassifemur	G							X			X	X	X	X				X	X				X		
Rheumatobates crassifemur esakii	G				X									X											

Rheumatobates crassifemur schroederi	G		X			X			X			X			X			X	X		X			
Rheumatobates klagei	G			X											X									
Steinovelia virgata	G												X											
Stridulivelia alia	G			X											X									
Stridulivelia astralis	G									X	X	X	X							X				X
Stridulivelia quadrispinosa	G	X					X				X		X	X				X						
Stridulivelia stridulata	G		X	X							X			X										
Stridulivelia strigosa	G		X	X							X			X										
Stridulivelia tersa	G	X		X			X				X		X	X									X	
Striduliveliab transversa	G		X	X										X										
Tachygerris adamsoni	N	X		X						X	X		X	X			X	X					X	
Tenagobia incerta	N												X											
Tenagobia schadei	N												X											
Xiphovelia lacunana	G												X											

Legenda: A letra “X” indica a presença das espécies no estado. (N) Nepomorpha e (G) Gerromorpha.

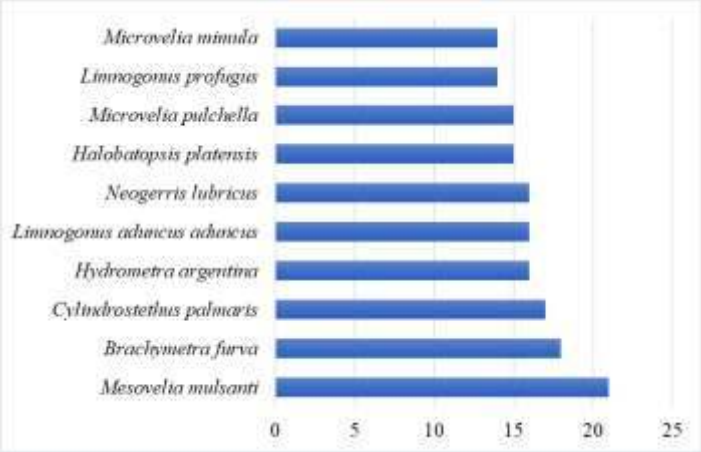
A maioria dos heterópteros aquáticos e semiaquáticos encontrados no Brasil pertencem a duas infraordens: Gerromorpha e Nepomorpha (20,34,35). As espécies de Gerromorpha habitam a superfície das águas e proximidades de áreas com vegetação como folhas adjacentes às margens de ambientes aquáticos. Os Nepomorpha movimentam-se pelos substratos e coluna d'água, ocupando habitats no interior de rios e lagos.

A espécie com maior distribuição no Brasil foi *Mesovelia mulsanti* (White, 1879) (infraordem Gerromorpha), presente nos estados do Alagoas, Amapá, Amazonas, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraná, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Rondônia, Santa Catarina, São Paulo e Sergipe (17,29–33). Em geral, a espécie *M. mulsanti* também possui ampla distribuição na região neotropical incluindo áreas mais isoladas como algumas ilhas no Havaí. Mesmo assim, pesquisas realizadas recentemente apontam para novos registros em regiões brasileiras, como no Piauí (31). Mesmo sem registros para o estado do Acre, espera-se encontrar *M. mulsanti* em ambientes aquáticos dessa região, pois esta espécie apresenta um perfil generalista e consegue adaptar-se em diferentes ambientes (1).

As espécies *Brachymetra furva* e *Cylindrostethus palmaris* (ambos Gerromorpha) também apresentaram ampla distribuição em pesquisas no Brasil (Figura 5). A espécie *B. furva* tem sido descrita para ambientes lóticos e lênticos (36). Essa espécie possui distribuição em biomas bem distintos que vão desde o Sul do Brasil até o Nordeste (17). O primeiro registro dessa espécie para o estado do Mato Grosso ocorreu em 2013 (37), e nos artigos consultados em nossa pesquisa, a região Norte é a única sem registro de sua ocorrência. Já a espécie *C. palmaris* é predominante de ambientes lóticos. Essa espécie geralmente ocupa a margem onde se concentra maior abundância de suas presas (33). De acordo com Magalhães et al., (2021), essa espécie parece ter preferência por sedimentos orgânicos depositados no fundo de rios, nos casos em que a profundidade é pequena (não superior a 50 cm). A espécie *C. palmaris* também pode ser encontrada em áreas onde o fluxo da água é mais rápido. Essa adaptação morfológica, pernas mais longas e corpo cilíndrico, favorece a permanência e resistência desses insetos em locais de correnteza da água (22).

Ao todo, 51 espécies foram identificadas como raras devido a sua baixa distribuição nos estados brasileiros, ocorrendo em apenas um estado. As espécies com menor distribuição podem apresentar limitações para adaptação ao longo das variações longitudinais como largura e comprimento de riachos e alterações na mata ciliar (1). As menores faixas de tolerância diante de mudanças na heterogeneidade ambiental são mais facilmente percebidas por espécies sensíveis a alterações no meio ambiente, provocando a limitação de sua distribuição espacial como consequência da perda de habitat. Com isso, verificamos que a infraordem Gerromorpha possui maior distribuição em sistemas aquáticos brasileiros, mas, ainda, carece de registros para o estado do Acre. As pesquisas com Heteroptera nessa região auxiliarão a reduzir as lacunas de distribuição desses táxons no leste da Amazônia.

Figura 5. Distribuição de ocorrência das 10 espécies mais frequentes nos estados brasileiros, durante o período de 2001 a 2022.



Fonte: autores.

Ecologia e resposta a impactos

Na entomologia aquática, os heterópteros podem ser agrupados em semiaquáticos e aquáticos. Eles ocupam diferentes tipos de ambientes como lagos, poças d'água, igapós, igarapés e riachos, ocupando tanto a superfície da água como os sedimentos de fundo ou mesmo a coluna d'água. Por isso, existem diferentes fatores que podem influenciar em sua distribuição e abundância como o volume de

água parada, serapilheira e macrófitas emergentes, as quais podem sofrer flutuações ao longo do espaço e do tempo, alterando a composição e abundância destas espécies (10).

Essa diferença aparentemente tênue entre nichos semiaquáticos e aquáticos pode resultar em diferenças significativas na relação com o meio ambiente. As espécies semiaquáticas podem ser encontradas ao longo da superfície dos corpos d'água, onde estão mais intimamente relacionadas com a presença da vegetação ciliar, pedaços de madeiras e áreas com água parada, sendo influenciados por filtros ambientais, provenientes da composição e estrutura das matas ciliares. De fato, as alterações na cobertura do uso do solo, extensão da área de vegetação ciliar, e mesmo a vegetação aquática exercem importante papel na estruturação de assembleias de heterópteros (1).

As espécies da infraordem Gerromorpha apresentam maior abundância e riqueza entre os heterópteros aquáticos (1,2,15). As espécies desse grupo apresentam relação com a disponibilidade de habitat. Os ambientes com maior distribuição e diversidade de habitat abrigam maiores riquezas e abundâncias de espécies dessa infraordem. Mesmo com esses resultados, é necessário que os estudos sobre a ecologia de Gerromorpha levem em consideração que os efeitos das alterações no uso do solo ou mesmo da vegetação ciliar apresentem resultados mais profundos na abundância do que na riqueza de espécies. Isso porque algumas alterações na vegetação ciliar podem resultar em níveis intermediários de impacto, o que resultaria na manutenção de várias espécies que possuem um pouco mais de tolerância a mudanças ambientais, resultando numa manutenção da riqueza por algum tempo (21,38).

Com isso, é importante que as pesquisas sobre a ecologia de heterópteros leve em consideração a análise da composição de espécies, principalmente daquelas pertencentes à infraordem Gerromorpha. A pesquisa realizada por Dias-Silva et al. (2020) (5) discute a inclusão de diferentes escalas para avaliar os potenciais efeitos das condições ambientais sobre as espécies de Gerromorpha. De acordo com essa pesquisa, em alguns casos, os efeitos dos processos que ocorrem dentro de riachos podem ser mais sentidos por esses insetos do que as alterações de mata de galeria. Esse resultado revela a forte relação entre as espécies de Gerromorpha com a integridade de habitats, sua variedade e complexidade, as quais

exercem maior efeito sobre a abundância do que a riqueza (5).

As famílias Gerridae e Veliidae são as mais ricas em gêneros na região Neotropical, superando os 85% de representação da fauna de Heteroptera descrita para este local. Elas possuem características ecológicas típicas de indicadores ambientais por apresentarem um padrão de resposta aos impactos de origem antrópicas. Por exemplo, a espécie *Brachymetra a. albinervis* possui mais sensibilidade a mudanças longitudinais (ao longo do curso dos riachos) do que a alterações sazonais. Em um estudo realizado em três riachos no Cerrado mato-grossense, os pesquisadores constataram que essa espécie sofreu mais impactos ao longo do curso dos riachos com o surgimento das áreas de pecuária, pisoteio de gado do que nas mudanças sazonais e físico-químicas (15). Em outro estudo, o plantio de dendezeiros afetou mais significativamente a diversidade alfa do que a beta (38), as quais foram também pressionadas pelo aumento de áreas homogêneas que provocou a perda de habitats e a redução da diversidade dos Heteroptera.

A infraordem Nepomorpha também possui espécies com características ecológicas de indicador de qualidade ambiental. A exemplo dos Gerromorpha, as espécies de Nepomorpha podem apresentar respostas distintas diante das mudanças em variáveis limnológicas, composição florísticas e sazonalidade (39). Algumas espécies são associadas a ambientes conservados, como é o caso de *Ambrysus bifidus, Limnocoris minutus, Limnocoris illiesi, Tenagobia incerta* e *Gelastocoris flavus*, enquanto outras foram relacionadas a ambientes alterados, como ocorreu com *Ambrysus* sp. 2 (8).

Os Heteroptera podem ser encontrados ainda em ecossistemas mais endêmicos do Brasil como nas regiões de Veredas do Cerrado. Essas regiões são caracterizadas por uma estrutura semelhante a pântanos, com alta capacidade de retenção de água (23). Dada à essas características, muitos pecuaristas utilizam esse tipo de ambiente como reservatórios de água a partir da construção de barragens. Essas alterações provocam consequências para assembleias de heterópteros e odonatas, reduzindo a sua diversidade (4,24,39).

As pesquisas realizadas com Heteroptera e outros grupos da biota aquática também revelaram que as características ecológicas dessa subordem são adequadas para o uso em estudos de impactos ambientais. Por exemplo, um estudo

envolvendo as ordens Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Odonata e a subordem Heteroptera (EPTOH) e diferentes substratos orgânicos e inorgânicos (serapilheira, raízes, pedras, cascalho e areia) mostrou que os heterópteros possuem fidelidade a habitats orgânicos, oriundos de áreas com boa cobertura vegetal (40). Em outro estudo, os pesquisadores analisaram como as mudanças nos ecossistemas afetaram comunidades de peixes e heterópteros. Os resultados permitiram concluir que existe uma baixa relação com as mudanças físico-química tanto para peixes quanto para heterópteros, mas as variáveis hidrológicas mostraram efeito somente na comunidade de insetos (10) e que os heterópteros são mais sensíveis aos impactos antrópicos do que os peixes, principalmente nos trechos onde há abertura do dossel sobre o rio (10).

Resolução taxonômica e o biomonitoramento

Um dos grandes desafios para o biomonitoramento aquático é seleção de bons bioindicadores. Em geral, as pesquisas com insetos aquáticos apresentam muitas espécies, mas nem sempre é possível identificá-las até o nível de espécie, em virtude de limitações relacionadas à descrição de formas imaturas ou mesmo pela carência de taxonomistas na Amazônia Sul-ocidental (3,8,9,14,32,35,39,41–43). O tempo investido para a identificação de espécies pode comprometer uma ação em que é necessária uma resposta rápida diante de um impacto no ambiente aquático ou mesmo na viabilidade financeira e técnica do trabalho (44).

Como alternativa a esse problema, alguns entomologistas têm buscado responder à pergunta: qual a resolução taxonômica que permite responder a impactos ambientais? Alguns resultados têm se mostrado bem satisfatórios para resoluções em nível de família e gênero, como foi constatado por (9) em uma pesquisa desenvolvida no Parque Nacional da Serra do Divisor (AC, Brasil), onde esses níveis taxonômicos foram capazes de responder às mudanças de tipologia de águas claras e brancas no sudoeste amazônico (9). Mesmo assim a resolução de espécie ainda é prioritária em programas de biomonitoramento em virtude de sua especificidade para responder a impactos e mudanças ambientais (44,45).

Os Heteroptera tem sido descritos como bons indicadores de integridade ambiental, respondendo as mudanças do meio ambiente, como alteração e remoção

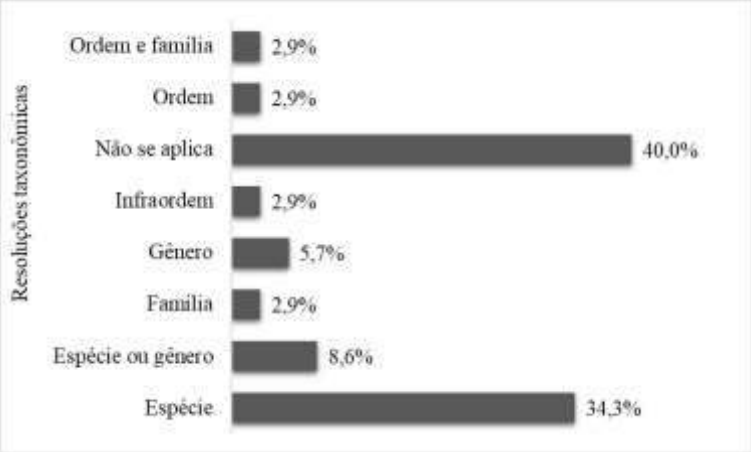
de vegetação ciliar (10), agricultura (38), criação de gado (21) e perda de habitats aquáticos (24). A pesquisa de (22) revelou a falta de relação entre a comunidade de Heteroptera e as variáveis ambientais. Isso pode sugerir uma falta de padrão claro, capaz de explicar as mudanças ocorridas no ambiente. Parte disso se deve a resposta distinta entre algumas famílias como Corixidae que possui preferência por águas rasas e Nepidae, Notonectidae e Naucoridae que preferem águas próximas à vegetação aquática (21).

Esse padrão de resposta muda quando as análises são particionadas. As pesquisas que avaliam os efeitos das alterações ambientais sobre os Heteroptera (em geral) ou mesmo com a infraordem Nepomorpha, identificaram falta de relação ou resultados inconclusivos (2,10,21). Em geral, os Nepomorpha são descritos como um grupo de ampla plasticidade às mudanças ambientais, alterações sazonais e adaptando-se bem às perturbações intermediárias. Isso tem levado a diferentes respostas quando se analisa as mudanças na riqueza desse grupo quando analisados em conjunto ou separados (Heteroptera, Nepomorpha e Gerromorpha).

Desse modo, o uso da riqueza de famílias de Gerromorpha se destacou como uma resolução taxonômica possível para biomonitoramento e bioavaliação (21). Por outro lado, um estudo realizado por (45) revelou que o uso de gêneros da infraordem Nepomorpha apresentam pouca perda de informação (11% a 19%) quando avaliaram a perda de integridade ambiental em riachos do Cerrado (45).

Em pesquisas de avaliação de impacto e biomonitoramento aquático utilizando Heteroptera, isoladamente ou em conjunto com outros táxons, foi constatado em nosso estudo que o uso de espécie (34%) ainda é predominante nestas atividades (Figura 6). Outros trabalhos utilizaram tanto a espécie quanto o gênero (8,6%). Também identificamos o uso de família, infraordem, ordem e o uso conjunto de família e ordem, com a mesma frequência (2,9%). Mesmo as conclusões que indicam o uso de outras resoluções taxonômicas como gênero ou família, ainda assim tem-se dado prioridade ao uso da resolução em nível de espécies (1,2,15,46).

Figura 6. Resoluções taxonômicas aplicadas para avaliação de impactos e biomonitoramento aquático em riachos do Brasil no período de 2001 a 2022.



Fonte: autores.

A escolha de um bioindicador deve levar em consideração as características locais e regionais, uma vez que o padrão de comportamento pode variar entre biomas distintos. Isso também se aplica quando se trata da escolha de uma resolução taxonômica. Quanto maior for o nível taxonômico, mais espécies distintas serão agregadas em um mesmo grupo, e isso pode mascarar respostas a alguns impactos. Entretanto, pesquisas com Heteroptera demonstraram que é possível utilizar resoluções taxonômicas maiores que espécie, tais como gênero, família e infraordem. Esse tipo de escolha deve levar em consideração projetos locais e regionais e limitar as conclusões a impactos mais gerais e abrangentes.

CONCLUSÃO

O estado do Acre é a região que apresentam a maior lacuna da Amazônia e do Brasil sobre o conhecimento da diversidade e riqueza de Heteroptera. Mesmo com a ampla riqueza de espécies dos mais diferentes grupos de seres vivos, essa região dispõe de raríssimas produções. Alguns trabalhos já vêm sendo desenvolvidos, porém ainda são restritos a grupos específicos, como Odonata, ou a comunidade de macroinvertebrados aquáticos. Mais recentemente, em 2019, iniciaram algumas pesquisas na Reserva Extrativista Alto Acre (Resex Alto Acre) e Reserva Extrativista Cazumbá-Iracema (Resex Cazumbá-Iracema) e nas regiões de Campinaranas no vale do Juruá em Cruzeiro do Sul (AC), cujos dados estão em análise na Universidade Federal do Pará. Reforçamos que as pesquisa com

Heteroptera nas principais bacias do estado serão pioneiras para a ciência e podem agregar muita informação sobre a taxonomia, ecologia e biomonitoramento aquático.

Podemos sugerir que os heterópteros são organismos indicados para biomonitoramento em igarapés localizados no estado do Acre. Para isso, é necessário a realização de estudos sobre o levantamento da fauna local, conhecendo como é a composição, riqueza, diversidade desta subordem, além de listar as espécies presentes nestes ambientes. Essas pesquisas necessitam de um planejamento que inclua áreas preservadas e outras com mudanças no uso do solo que contemplem os principais impactos da região como o desmatamento, agricultura e pecuária.

O uso de heterópteros aquáticos e semiaquáticos tem potencial para utilizar diferentes resoluções taxonômicas, que variam desde o número de famílias e gêneros de Gerromorpha e Nepomorpha, até a riqueza de gêneros. No entanto, é necessário o desenvolvimento de pesquisas que apliquem e testem essas resoluções para verificar quais possuem melhor resposta para determinados impactos nesta região.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Federal do Acre pelo apoio na logística laboratorial. Ao laboratório de Ictiologia pela cooperação no desenvolvimento do artigo. Ao Programa de mestrado em Ciência, Inovação e Tecnologia para Amazônia. Ao Instituto Federal do Acre pela parceria, apoio e colaboração. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa de mestrado concedida à autora principal do artigo.

REFERÊNCIAS

1. Cunha EJ, De Assis Montag LF, Juen L. Oil palm crops effects on environmental integrity of Amazonian streams and Heteropteran (Hemiptera) species diversity. Ecol Indic. 2015;52:422–9.
2. Juen L, Cunha EJ, Carvalho FG, Ferreira MC, Begot TO, Andrade AL, et al. Effects of Oil Palm Plantations on the Habitat Structure and Biota of Streams in Eastern Amazon. Appl Enviromental Res [Internet]. 2015;13(1):53–65. Available from: https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84995705667&doi=10.1002%2Frra.3050&partnerID=40&md5=7b2e13066af0d6e74f0e738fbdfea9f4
3. Lima DVM, Plese LP de M, Silva IHL da. Effects of land use on the community of benthic Macroinvertebrates in streams of the Iquiri River Basin (ACRE, BRAZIL). South Am J Basic Educ Tech Technol. 2020;7(2):160–75.
4. Brasil LS, Luiza-Andrade A, Calvão LB, Dias-Silva K, Faria APJ, Shimano Y, et al. Aquatic insects and their environmental predictors: a scientometric study focused on environmental monitoring in lotic environmental. Environ Monit Assess [Internet]. 2020 Mar 21;192(3):194. Available from: https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85079775219&doi=10.1007%2Fs10661-020-8147-z&partnerID=40&md5=a75334eba2e8bac74109997da3db49fe
5. Dias-Silva K, Brasil LS, Juen L, Cabette HSR, Costa CC, Freitas P V, et al. Influence of Local Variables and Landscape Metrics on Gerromorpha (Insecta: Heteroptera) Assemblages in Savanna Streams, Brazil. Neotrop Entomol. 2020;49:191–202.
6. Brasil LS, de Lima EL, Spigoloni ZA, Ribeiro-Brasil DRG, Juen L. The habitat integrity index and aquatic insect communities in tropical streams: A meta-analysis. Ecol Indic. 2020;116:106495.
7. Lima DVM, Souza LB de, Capistrano PC da C, Plese LP de M, Vieira LJS. Uso de larvas de Chironomidae (Diptera) na análise da integridade ecológica de lagos urbanos no oeste amazônico. Biota Amaz. 2019;9(3):41–5.
8. Rodrigues JMS, Magalhães OM, Joaquim Júnior EA, Ribeiro JRI, Moreira FFF. Semiaquatic bugs (Hemiptera, heteroptera, gerromorpha) from Rio Grande do Sul, Southern Brazil. Check List [Internet]. 2021;17(5):1323–43. Available from: https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85116309439&doi=10.15560%2F17.5.1323&partnerID=40&md5=0c0da513780770423c0ac83311913858
9. Roque FDO, Lima DVM, Siqueira T, Vieira LJS, Stefanes M, Trivinho-Strixino S. Concordance between macroinvertebrate communities and the typological classification of white and clear-water streams in Western Brazilian Amazonia. Biota Neotrop. 2012;12(2):83–92.
10. Vieira TB, Dias-Silva K, Pacifico ES. Effects of Riparian Vegetation Integrity on Fish and Heteroptera Communities. Appl Ecol Environ Res. 2015;13(1):53–65.

11. Castro DMP de, Dolédec S, Callisto M. Land cover disturbance homogenizes aquatic insect functional structure in neotropical savanna streams. Ecol Indic. 2018 Jan 1;84:573–82.
12. Cortezzi SS, Bispo P da C, Paciencia G de P, Leite RC. Influência da ação antrópica sobre a fauna de macroinvertebrados aquáticos em riachos de uma região de cerrado do sudoeste do Estado de São Paulo. Iheringia Série Zool. 2009 Jul 30;99(1):36–43.
13. Wang B, Liu D, Liu S, Zhang Y, Lu D, Wang L. Impacts of urbanization on stream habitats and macroinvertebrate communities in the tributaries of Qiangtang River, China. Hydrobiologia. 2012 Jan;680(1):39–51.
14. Giehl NF da S, Cabette HSR, Dias-Silva K, Juen L, Moreira FFF, de Castro LA, et al. Variation in the diversity of semiaquatic bugs (Insecta: Heteroptera: Gerromorpha) in altered and preserved veredas. Hydrobiologia. 2020;847:3497–510.
15. Giehl NFS, Fonseca PVB, Dias-Silva K, Brasil LS, Cabette HSR. Efeito de fatores abióticos sobre Brachymetra albinervis albinervis (Heteroptera: Gerridae). Iheringia Série Zool [Internet]. 2015 Dec;105(4):411–5. Available from: https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84960393365&doi=10.1590%2F1678-47662015105441415&partnerID=40&md5=d863578e4f2feeb7634a46ec8d5144ca
16. Lima DVM, Almeida M de FT de, Vicente JX. Efeitos Da Sazonalidade Sobre a Composição E Riqueza De Larvas De Odonatas Em Lagos Urbanos, Rio Branco (Ac), Brasil. Multidiscip Sci Reports. 2021;1(1):1–16.
17. Rodrigues HDD, Melo AL de, Ferreira-Keppler RL. New records of Gerromorpha (Insecta: Hemiptera: Heteroptera) from Brazil. Check List. 2012;8(5):908–913.
18. Hiwat H. Triatominae species of suriname (Heteroptera: Reduviidae) and their role as vectors of chagas disease. Mem Inst Oswaldo Cruz. 2014;109(4):452–8.
19. Hynes HBN. The Ecology of Stream Insects. Annu Rev Entomol. 1970;15(1):25–42.
20. Pereira DL V, De Melo AL. Aquatic and semiaquatic Heteroptera (Insecta) from Pitinga, Amazonas, Brazil. Acta Agric Univ Jiangxiensis [Internet]. 2007;37(4):643–8. Available from: https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-40949148564&doi=10.1590%2Fs0044-59672007000400021&partnerID=40&md5=545b08fc60fa5ecccc625712418a65ac
21. Dias-Silva K, S.R.Cabette H, Juen L, Jr. PDM. The influence of habitat integrity and physical-chemical water variables on the structure of aquatic and semi-aquatic Heteroptera. Zoologia. 2010;27(6):918–30.
22. Dias-Silva K, Brasil LS, Veloso GKO, Cabette HSR, Juen L. Land use change causes environmental homogeneity and low beta-diversity in Heteroptera of streams. Ann Limnol - Int J Limnol. 2020;56(9):1–9.

23. Guterres APM, Cunha EJ, Juen L. Correction to: Tolerant semiaquatic bugs species (Heteroptera: Gerromorpha) are associated to pasture and conventional logging in the Eastern Amazon. J Insect Conserv. 2021;25(4):569.

24. Soares DM, Borges LR, da Silva MFF, Luche LD. Effect of substrates of native and exotic plant species on the initial period of colonization of benthic macroinvertebrates in the Cerrado biome. Community Ecol [Internet]. 2021 Apr 4;22(1):127–34. Available from: https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85098799668&doi=10.1007%2Fs42974-020-00032-5&partnerID=40&md5=8f1786d2d6ed85c1cb163e858f700c6b

25. Marques NCS, Jankowski KJ, Macedo MN, Juen L, Luiza-Andrade A, Deegan LA. Riparian forests buffer the negative effects of cropland on macroinvertebrate diversity in lowland Amazonian streams. Hydrobiologia [Internet]. 2021;848(15):3503–20. Available from: https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85105498516&doi=10.1007%2Fs10750-021-04604-y&partnerID=40&md5=8c6fb82e060e098e4923f79dd08e2c48

26. Nogueira DS, Calvão LB, de Assis Montag LF, Juen L, De Marco P. Little effects of reduced-impact logging on insect communities in eastern Amazonia. Environ Monit Assess. 2016 Jul 1;188(7).

27. Cunha EJ, Guterres APM, Godoy BS, Juen L. Wing dimorphism in semiaquatic bugs (Hemiptera, Heteroptera, Gerromorpha) as a tool for monitoring streams altered by oil palm plantation in the Amazon. Ecol Indic [Internet]. 2020;117:1–11. Available from: https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106707

28. COPPETEC. Catálogo taxonômico da fauna do Brasil [Internet]. 2022. Available from: http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/listaBrasil/ConsultaPublicaUC/ConsultaPublicaUC.do

29. Barbosa JF, Giehl NF da S. New distribution records of the genus Martarega White, 1879 (Hemiptera: Heteroptera: Notonectidae) in eastern Mato Grosso State, Brazil. Check List J species List Distrib. 2014;10(5):1152–5.

30. Floriano CFB, Oliveira IADV, Melo AL de. New records of Gerromorpha (Insecta: Hemiptera: Heteroptera) from the Neotropical Region. Trans Am Entomol Soc. 2017;143(1):103–17.

31. Franco CL, Lima LRC, Rodrigues JMS, de Azevêdo CAS, Moreira FFF. New records of gerromorpha (Insecta, hemiptera, heteroptera) from Piauí State, Northeastern Brazil. Check List [Internet]. 2020;16(6):1755–63. Available from: https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85099943501&doi=10.15560%2F16.6.1755&partnerID=40&md5=01fe56cd5844394ff87ccd27b3e25043

32. Magalhães OM, Nery L, Moller H, Pavarini R, Bertini G, Moreira FFF. Semiaquatic bugs (Insecta, Heteroptera, Gerromorpha) from Vale do Ribeira, São Paulo state, Brazil. Check List J Biodivers data. 2020;16(2):349–59.

33. Magalhães OM, Cordeiro I da RS, Bichuette ME, Moreira FFF. New records of cave-inhabiting gerromorpha (Insecta, hemiptera, heteroptera) from brazil. Check List. 2021;17(4):1137–46.

34. Floriano CFB, Oliveira IADV, de Melo AL. New records and checklist of aquatic and semi-aquatic heteroptera (insecta: Hemiptera: Gerromorpha and nepomorpha) from the Southern region of Mato Grosso do Sul, Brazil. Biota Neotrop [Internet]. 2013;13(1):210–9. Available from: https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84877787165&doi=10.1590%2FS1676-06032013000100022&partnerID=40&md5=2c9531f1f7a2d19727f9700c6dc7d5d0

35. Santos SED, Rodrigues JMS, Couceiro SRM, Moreira FFF. Gerromorpha (Hemiptera: Heteroptera) from the Metropolitan Region of Santarém, Brazil, including three new species of Microvelia Westwood, 1834 (Veliidae: Microveliinae). Biodivers Data J [Internet]. 2021;9:1–75. Available from: https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85115630022&doi=10.3897%2FBDJ.9.e68567&partnerID=40&md5=8d8760de4a7a763223e56c11b45493b6

36. De Souza MAA, De Melo AL, Vianna GJC. Heteróptеros aquáticos oriundos do Município de Mariana, MG. Neotrop Entomol. 2006;35(6):803–10.

37. Dias-Silva K, Moreira FFF, Giehl NFDS, Nóbrega CC, Cabette HSR. Gerromorpha (Hemiptera: Heteroptera) of eastern Mato Grosso State, Brazil: checklist, new records, and species distribution modeling. Vol. 3736, Zootaxa. 2013. p. 201–35.

38. Cunha EJ, Juen L. Impacts of oil palm plantations on changes in environmental heterogeneity and Heteroptera (Gerromorpha and Nepomorpha) diversity. J Insect Conserv [Internet]. 2017;21(1):111–9. Available from: https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85013076945&doi=10.1007%2Fs10841-017-9959-1&partnerID=40&md5=1e8c8926122e547021378d50d1335e19

39. Giehl NFS, Brasil LS, Dias-Silva K, Nogueira DS, Cabette HSR. Environmental Thresholds of Nepomorpha in Cerrado Streams, Brazilian Savannah. Neotrop Entomol [Internet]. 2019 Apr 26;48(2):186–96. Available from: http://link.springer.com/10.1007/s13744-018-0632-5

40. Brasil LS, Da Silva Giehl NF, Batista JD, De Resende BO, Cabette HSR. Insectos acuáticos en hábitats orgánicos e inorgánicos de corrientes de las sabanas Centro-Brasileñas. Rev Colomb Entomol [Internet]. 2017;43(2):286–91. Available from: https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85047065302&doi=10.25100%2Fsocolen.v43i2.5961&partnerID=40&md5=e25aa39ef3cb26348e98942c0340ca77

41. Brasil LS, Ferreira VRS, Resende BOD, Juen L, Batista JD, Castro LAD, et al. Dams Change Beta Diversity of Aquatic Communities in the Veredas of the Brazilian Cerrado. Front Ecol Evol [Internet]. 2021;9:1–7. Available from: https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85102126797&doi=10.3389%2Ffevo.2021.612642&partnerID=40&md5=e1d9fd6c7916c900072a48b86dbbfdcb

42. Franco CL, Lima LRC, Rodrigues JMDS, de Azevêdo CAS, Moreira FFF. New records of gerromorpha (Insecta, hemiptera, heteroptera) from Piauí State, Northeastern Brazil. Check List. 2020;16(6):1755–63.

43. Franco CL, Rodrigues JMDS, De Azevêdo CAS, Moreira FFF. Gerromorpha (insecta, hemiptera, heteroptera) from eastern maranhão state, northeastern Brazil. Check List J Biodivers data [Internet]. 2021;17(2):551–68. Available from: https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85103085788&doi=10.15560%2F17.2.551&partnerID=40&md5=73ee68d866cc678db3cc589c5c3c5b04

44. Godoy BS, Faria APJ, Juen L, Sara L, Oliveira LG. Taxonomic sufficiency and effects of environmental and spatial drivers on aquatic insect community. Ecol Indic. 2019;107(August):1–10.

45. Giehl NF da S, Dias-Silva K, Juen L, Batista JD, Cabette HSR. Taxonomic and Numerical Resolutions of Nepomorpha (Insecta: Heteroptera) in Cerrado Streams. PLoS One. 2014;9(8):e103623 (1)--(7).

46. Fagundes CK, Vogt RC, de Souza RA, De Marco P. Vulnerability of turtles to deforestation in the Brazilian Amazon: Indicating priority areas for conservation. Biol Conserv [Internet]. 2018;226:300–10. Available from: https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.08.009.